



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Patentschrift

⑯ DE 197 58 241 C2

⑮ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 M 17/013**  
G 01 M 17/02

⑯ Aktenzeichen: 197 58 241.9-52  
⑯ Anmeldetag: 30. 12. 1997  
⑯ Offenlegungstag: 15. 7. 1999  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 7. 9. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑯ Vertreter:

W. Kraus und Kollegen, 80539 München

⑯ Erfinder:

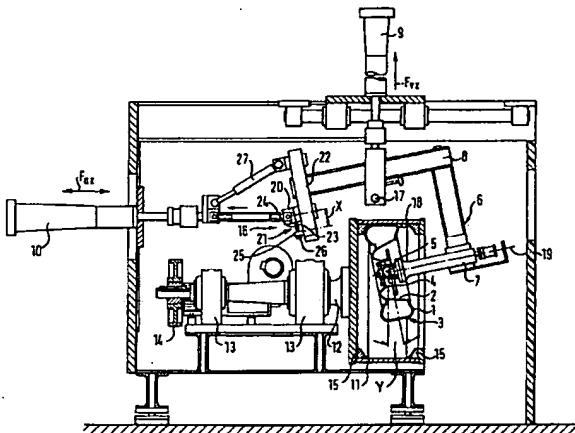
Fischer, Gerhard, Dr.-Ing., 64291 Darmstadt, DE;  
Grubisic, Vatroslav, Prof.Dr.-Ing., 64354 Reinheim,  
DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 33 41 721 C2  
US 44 75 383  
EP 00 63 245 A1

⑯ Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugräden

- ⑯ Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugräden (3), Reifen (1), Radnaben (4), Radlagern (5) und Radschrauben unter betriebsähnlichen Belastungsbedingungen, umfassend  
(a) eine Halterungseinrichtung (6) zum drehbaren Befestigen eines Fahrzeugsrads (3) und zum Verschwenken desselben in unterschiedliche Sturzwinkel;  
(b) eine derart um das Fahrzeugrad (3) herum angeordnete Trommel (11), daß das Fahrzeugrad (2, 3) über einen darauf befindlichen Reifen (1) in Rolleingriff mit der inneren Umfangsoberfläche der Trommel (11) bringbar ist;  
(c) eine Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung (9), die zum Aufbringen einer in der Vertikal- oder Radialrichtung des Fahrzeugsrads (2, 3) wirkenden Vertikal- oder Radialkraft auf die Halterungseinrichtung (6) mit letzterer verbunden ist;  
(d) eine Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) zum Aufbringen einer in der Seiten- oder Axialrichtung des Fahrzeugsrads (3) wirkenden Seiten- oder Axialkraft, wobei die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) zum Aufbringen der Seiten- oder Axialkraft auf die Halterungseinrichtung (6) mit letzterer verbunden ist;  
(e) wenigstens einen auf der inneren Umfangsoberfläche der Trommel (11) angeordneten Ring, der als Anlaufring (15) benachbart dem Reifen (1) und der Flanke des Fahrzeugsrads (3) angeordnet und auf der dem Reifen (1) zugewandten Seite abgeschrägt ist; und  
(f) eine Einrichtung (12 bis 14) zum Drehen der Trommel (11);  
(g) wobei die Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung (9) und die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) je für sich gelenkig mit der Halterungseinrichtung (6) verbunden sind;  
dadurch gekennzeichnet, daß die Halterungseinrichtung (6) außerdem derart verschieblich gelagert ist, daß das Fahrzeugrad (3) zur selbstdämmigen Sturzverstellung um den Radaufstandspunkt verschwenkbar ist.



DE 197 58 241 C2

DE 197 58 241 C2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugrädern, Reifen, Radnaben, Radlagern und Radschrauben unter betriebsähnlichen Belastungsbedingungen, umfassend

- 5       (a) eine Halterungseinrichtung zum drehbaren Befestigen eines Fahrzeugsrads und zum Verschwenken desselben in unterschiedliche Sturzwinkel;
- (b) eine derart um das Fahrzeugrad herum angeordnete Trommel, daß das Fahrzeugrad über einen darauf befindlichen Reifen in Rolleingriff mit der inneren Umfangsoberfläche der Trommel bringbar ist;
- 10     (c) eine Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung, die zum Aufbringen einer in der Vertikal- oder Radialrichtung des Fahrzeugsrads wirkenden Vertikal- oder Radialkraft auf die Halterungseinrichtung mit letzterer verbunden ist;
- (d) eine Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung zum Aufbringen einer in der Seiten- oder Axialrichtung des Fahrzeugsrads wirkenden Seiten- oder Axialkraft, wobei die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung zum Aufbringen der Seiten- oder Axialkraft auf die Halterungseinrichtung mit letzterer verbunden ist;
- 15     (e) wenigstens einen auf der inneren Umfangsoberfläche der Trommel angeordneten Ring, der als Anlauftring benachbart dem Reifen und der Flanke des Fahrzeugsrads angeordnet und auf der dem Reifen zugewandten Seite abgeschrägt ist; und
- (f) eine Einrichtung zum Drehen der Trommel;
- (g) wobei die Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung und die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung je für sich gelenkig mit der Halterungseinrichtung verbunden sind.

Eine Einrichtung dieser Art ist aus der EP 63 245 A1 und der US 4 475 383 bekannt. Zum besseren Verständnis dieser Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 mit den obigen Merkmale (a) bis (g) und damit der Problematik, welche der vorliegenden Erfindung zugrunde liegt, sei zunächst eine weitere bekannte Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugrädern gewürdigt, welche in der DE 33 41 721 C2 beschrieben ist und welche zwar die obigen Merkmale (a) bis (f) aufweist, bei der jedoch die Ankopplung der Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung und der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung an die Halterungseinrichtung anders als gemäß dem obigen Merkmal (g) ausgeführt ist.

Im einzelnen offenbart diese DE 33 41 721 C2 zwar eine Prüfvorrichtung für Fahrzeuge mit einer Trommel, die das Fahrzeugrad in sich aufnimmt, und mit einem Radträger, der das Fahrzeugrad zentral frei drehbar hält, und der unter der Wirkung zweier senkrecht zueinander auf die Radachse einwirkender Krafterzeiger für eine Vertikal- und eine Seitenlast das Fahrzeugrad mit dem Reifen gegen die Trommel preßt, wobei der Sturzwinkel des Fahrzeugs in der Trommel durch Verschwenken der Achse des Fahrzeugs einstellbar ist. Jedoch ist diese Einrichtung – soweit das hier von Interesse ist – wie folgt ausgebildet:

- 35     (1) In der Einrichtung nach der DE 33 41 721 C2 ist das Fahrzeugrad um eine die Radachse schneidende und senkrecht zur Radachse sowie parallel zur Radaufstandfläche verlaufende Schwenkachse verdrehbar, d. h. der Sturzwinkel des Rades wird – etwas allgemeiner ausgedrückt – dadurch verstellt, daß das Rad um eine von dem Radaufstandspunkt entfernte Schwenkachse verdreht wird.
- (2) Weiter sind in der Einrichtung nach der DE 33 41 721 C2 die beiden Krafterzeiger, d. h. die Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung und die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung bezüglich des Fahrzeugs und damit der Halterungseinrichtung für das Fahrzeugrad so angeordnet, daß "der eine Krafterzeiger über den anderen Krafterzeiger auf das Fahrzeugrad wirkt". Das heißt, die beiden Krafterzeiger sind wirkungsmäßig "hintereinandergeschaltet".
- 40     (3) Schließlich sind in der Einrichtung nach der DE 33 41 721 C2 die beiden Krafterzeiger zwar verschieblich, aber nicht gelenkig verbunden, indem sie über Linearführungen miteinander und mit der Halterungseinrichtung verbunden sind.

Nach den langjährigen Erfahrungen bei der Patentinhaberin ist es bei einer Prüfvorrichtung der Art, wie sie in der DE 33 41 721 C2 beschrieben und dargestellt ist, trotz einer gemäß der dortigen Fig. 1 "selbsttätigen" Sturzwinkeleinstellung aufgrund der kinematischen Verhältnisse dieser automatischen Sturzeinstellung notwendig, umfangreiche Vorausmessungen an Fahrzeugen durchzuführen, damit man die erforderlichen Ansteuerdaten für die automatische (Fig. 1 der DE 33 41 721 C2) oder die gezielte (Fig. 2 der DE 33 41 721 C2) Einstellung des Sturzwinkels erhält, um betriebsähnliche Belastungsbedingungen zu erzielen und dadurch die langwierigen Prüfergebnisse zuverlässig in praxisgerechte Ergebnisse übertragen zu können.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Einrichtung dieser grundsätzlichen Art (Prüfstand) so auszubilden, daß damit eine Prüfung bei Verwendung der unterschiedlichsten Fahrzeureifen, insbesondere bei Verwendung von relativ breiten Fahrzeureifen und Nutzfahrzeug-Zwillingsräder mit Reifen, weitestgehend den tatsächlichen Verhältnissen, d. h. betriebsähnlichen Belastungsbedingungen entspricht, ohne daß dazu umfangreiche Vorausmessungen an Fahrzeugen durchgeführt werden müssen. Es soll insbesondere aufgrund der in dieser Einrichtung liegenden anderen kinematischen Verhältnisse möglich sein, mit einem allgemein erarbeiteten, sogenannten "Basisbelastungsprogramm" auszukommen, ohne daß zusätzliche umfangreiche Messungen für die verschiedenen Räder und Reifengrößen durchgeführt werden müssen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Halterungseinrichtung derart verschieblich gelagert ist, daß das Fahrzeugrad zur selbsttätigen Sturzverstellung um den Radaufstandspunkt verschwenkbar ist.

65     Die Einrichtung nach der Erfindung weist daher außer dem kennzeichnenden Merkmal und den aus der DE 33 47 721 C2 bekannten obigen Merkmale (a) bis (f) das zusätzlich aus der EP 63 245 A1 und der US 4 475 383 (die ebenfalls diese Merkmale offenbaren) bekannte obige Merkmal (g) auf, wonach die Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung und die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung je für sich gelenkig mit der Halterungseinrichtung verbun-

den sind. Jedoch erzeugt die bloße separate gelenkige Ankopplung der beiden Krafterzeuger gemäß der EP 63 245 A1 bzw. der US 4 475 383 kein definiertes Verschwenken des Fahrzeugrads im Radaufstandspunkt.

Wie weiter unten etwas vor dem Ende der vorliegenden Beschreibung ausgeführt ist, entfällt dadurch nicht nur die Notwendigkeit zu umfangreichen Vorausmessungen mit Meßfahrzeugen, sondern es ist auch so, daß sich alle Zwischengrößen des Sturzwinkels automatisch einstellen und dadurch auf einen hydraulischen Zylinder zur Sturzeinstellung und die zugehörige komplizierte Steuerung desselben verzichtet werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Halterungseinrichtung zusammen mit der Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung parallel zur inneren Umfangsoberfläche der Trommel verschieblich gelagert ist.

Ein Sturz des Fahrzeugrads ist bei einer Prüfung im Lastfall der Kurvenfahrt insbesondere erforderlich wegen der

- (i) Einleitung hoher Seitenkräfte,
- (ii) Vermeidung des Rauslaufens des Rades aus der Trommel,
- (iii) Simulation einer betriebsähnlichen Radverformung.

Der Sturzwinkelbereich liegt bei kleinen Pkw-Rädern bei ca. 15°, bei breiten Pkw-Rädern bei ca 8°, bei Nutzfahrzeug-Einzelräder bei ca 10° und bei Zwillingsräder bei ca. 6°.

Ein Problem bei Versuchen in der eingangs genannten bekannten Einrichtung (Prüfstand nach der EP 63 245 B1 und der US 4 475 383) liegt in den großen Unterschieden der Neuentwicklung von Kraftfahrzeugreifen (Niederquerschnittsreifen mit breiten Felgen) und von Reifenbreiten, z. B.:

- bei Pkw zwischen 150 mm und 335 mm (Sportwagen) – Faktor 2
- bei Lkw mit Einzel- und Zwillingsreifen – Faktor 3-4.

Die automatische, kinematische Verstellung innerhalb des Prüfstandes aus den Hebelarmverhältnissen allein deckt diese großen Breitenunterschiede nicht vollständig ab. Danach wird bei einem breiteren Reifen bzw. einem Lkw-Zwillingsrad ein zu großer Sturzwinkel erzeugt, der eine höhere Beanspruchung und frühzeitigen Bruch bewirkt. Das Reifendrückstellmoment reicht nicht aus, um den Sturzwinkel zu begrenzen.

Um den Sturzwinkel begrenzen zu können, zeichnet sich eine besonders bevorzugte Weiterbildung der Erfindung aus durch eine Stellvorrichtung zur Voreinstellung des maximalen Sturzes des Fahrzeugrads derart, daß der Sturz auf einen vorbestimmten, maximalen Sturzwinkel begrenzt ist, jedoch kleinere Sturzwinkel entsprechend dem Verhältnis der angewandten Axial- und Radialkraft selbsttätig einstellbar sind.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Einrichtung nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Stellvorrichtung eine Begrenzungseinrichtung zur Beschränkung des maximalen Verschwenkwinkels der Halterungseinrichtung um eine zur Radachse senkrechte und zur Radaufstandsfläche parallele Verschwenkachse ist.

Besonders bevorzugt wird eine Ausbildung der erfundsgemäßen Einrichtung derart, daß die Stellvorrichtung eine Einrichtung zum Verstellen des Moments ist, welches durch die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung bei deren unveränderter Krafteinstellung auf die verschwenkbar gelagerte Halterungseinrichtung ausgeübt wird.

Insbesondere kann die Stellvorrichtung eine Positionierungs- oder Arretierungsvorrichtung für ein Angriffselement der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung umfassen, über welches letztere an der Halterungseinrichtung zum Erzeugen eines Moments um die Verschwenkachse derselben angreift.

Eine solche Ausführungsform kann so ausgebildet sein, daß das Angriffselement ein Verschiebeelement ist, das auf einem Arm an der um die Verschwenkachse verdrehbaren Halterungseinrichtung verschiebbar ist, wobei bevorzugt die Positionierungs- oder Arretierungsvorrichtung ein die maximale wirksame Länge des Arms begrenzender verstellbarer Anschlag ist. Insbesondere kann der Arm senkrecht zur Radachse und/oder senkrecht zur Verschwenkachse verlaufen.

Weiterhin kann die Einrichtung nach der Erfindung durch eine die Bewegung der Halterungseinrichtung dämpfende Einrichtung (Dämpfungseinrichtung) charakterisiert sein, wobei insbesondere die Dämpfungseinrichtung zwischen der Halterungseinrichtung und der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung und/oder zwischen der Halterungseinrichtung und der Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung angeordnet ist, und wobei besonders bevorzugt die Dämpfungseinrichtung zwischen dem oder einem Arm der Halterungseinrichtung und der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung angeordnet ist.

Zur Durchführung von Versuchsprogrammen, wie sie beispielsweise weiter unten beschrieben sind, kann die Stellvorrichtung gemäß einem vorgegebenen Programm verstellbar sein, wozu bevorzugt die Stellvorrichtung mechanisch, elektrisch oder hydraulisch verstellbar ist.

Die vorstehenden sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine, teilweise im Schnitt dargestellte, schematische Aufrissansicht einer Ausführungsform der Einrichtung nach der Erfindung;

Fig. 2 eine Darstellung der wesentlichen Kräfte und des Sturzwinkels in der Einrichtung der Fig. 1;

Fig. 3 eine Kurvenschar, die den Sturzwinkel in Abhängigkeit von der Sturzvoreinstellung X, d. h. der Einstellung des maximalen Sturzwinkels bei Versuchen in der Einrichtung nach Fig. 1 zeigt;

Fig. 4 zwei Kurven, welche die Abhängigkeit des Sturzwinkels von der Seitenkraft für verschiedene Sturzvoreinstellungen X bei Versuchen in der Einrichtung nach Fig. 1 zeigen; und

Fig. 5 und 6 Beispiele von verschiedenen Belastungsprogrammen, die mit der Einrichtung nach Fig. 1 verwirklicht wurden.

Es sei zunächst auf die Fig. 1 Bezug genommen, die eine Ausführungsform einer Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugrädern, Radnaben, Radlagern und Radschrauben unter betriebsähnlichen Belastungsbedingungen zeigt, welche einschließlich zu prüfender Objekte folgendes aufweist:

Einen Reifen 1, der auf der Felge 2 eines aus letzterer und einer Radschüssel bestehenden Rades 3 montiert und mit Nennluftdruck oder erhöhtem Luftdruck aufgepumpt ist. Zur Befestigung des Fahrzeugrads 3 und zur Aufnahme der Fahrzeugradkräfte ist eine Radnabe 4 mit Radlager 5 vorgesehen. Bei der Radnabe kann es sich um eine überdimensionierte Versuchsnabe handeln, wenn zum Beispiel das Fahrzeugrad 3 bzw. der Reifen 1 geprüft werden soll oder es kann sich hierbei um eine Originalnabe mit der zugehörigen Original-Fahrzeuglagerung handeln, wenn die Radnabe und/oder die Fahrzeuglagerung geprüft werden soll. Die Übertragung der eingeleiteten quasistatischen Kräfte in das sich drehende Fahrzeugrad 1, 2 erfolgt mittels des Radlagers 5 und des Achszapfens 7. Bei der Prüfung des Fahrzeugrads 3 werden überdimensionierte Radlager 5 verwendet, während bei der Prüfung der Radnabe 4 und der Radlager 6 die Originalradlager sowie die Originalachsschenkel eingebaut werden.

Weiterhin weist die Einrichtung gemäß der Fig. 1 einen Belastungsbügel 8 auf, der zusammen mit dem Achszapfen 7 eine Halterungseinrichtung 6 zum drehbaren Befestigen des Fahrzeugrads 3 bildet. Über diesen Belastungsbügel 8, den Achszapfen 7, die Radlager 5, die Radnabe 4 und die Radschrauben werden eine Vertikal- oder Radialkraft und eine Seiten- oder Axialkraft in die Radschüssel eingeleitet, und zwar so, daß die am Reifen 1 entstehenden Reaktionskräfte in einem definierten Radaufstandspunkt abgenommen werden. Zum Anwenden einer in der Radialrichtung des Fahrzeugrads 3 wirkenden konstanten oder unterschiedlich hohen Vertikal- oder Radialkraft  $F_v$  ist eine Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung 9, die vorliegend als servohydraulischer Zylinder ausgebildet ist, vorgesehen. Weiter ist zum Anwenden einer in der Axialrichtung des Fahrzeugrads 3 wirkenden konstanten oder unterschiedlich hohen Seiten- oder Axialkraft  $F_h$  eine Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung 10 vorhanden, die vorliegend ebenfalls als servohydraulischer Zylinder ausgebildet ist.

Da die Bezeichnungen "Vertikalkraft"  $F_v$  und "Radialkraft" ebenso wie die Bezeichnungen "Seitenkraft"  $F_h$  und "Axialkraft" Synonyme sind, wird nachstehend nur jeweils die eine oder andere der beiden Bezeichnungen verwendet.

Schließlich ist eine derart um das Fahrzeugrad 3 herum angeordnete Trommel 11, daß das Fahrzeugrad 3 über den darauftreffenden Reifen 1 in Rolleingriff mit der inneren Umgangsoberfläche der Trommel bringbar ist, vorgesehen. Die Trommel 11 besteht beispielsweise aus einer Grundplatte, einem Trommelkörper und einem Deckel und weist zwei Anlaufringe 15 auf. In dieser Trommel 11, in der das Fahrzeugrad 3 abrollt, werden die Axialreaktionskraft und Radialreaktionskraft im Radaufstandspunkt im Reifen 1 abgenommen. Der Innendurchmesser des Trommelkörpers ist gegenüber dem Reifendurchmesser größer.

Endlich ist eine Einrichtung zum Drehen der Trommel 11 vorgesehen, welche eine Antriebswelle 12 zur Befestigung der Trommel 11, Lager 13 zur Lagerung der Antriebswelle 12 und zur Aufnahme der Radial- und Axialreaktionskräfte, einen nicht gezeigten Antriebsmotor zum Antrieb der Antriebswelle 12 über einen Keilriemenantrieb 14 und damit zum Antrieb der Trommel 11 und des Fahrzeugrads 3 sowie zum Abbremsen der Antriebswelle 12, der Trommel 11 und des Fahrzeugrads 3 umfaßt.

Es sei nun die Funktionsweise der vorstehend beschriebenen Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugrädern, Radnaben, Radlagern und Radschrauben unter betriebsähnlichen Belastungsbedingungen näher erläutert (siehe auch Fig. 2):

Die betriebsähnliche Prüfung von Fahrzeugrädern 3, Radnaben 4, Radschrauben und Radlagern 5 erfolgt unter Einleitung der im Betrieb auftretenden Radkräfte über den Reifen 1 in das sich drehende Fahrzeugrad 3. Bei den am Reifen 1 angreifenden Radkräften kann es sich um Radialkräfte  $F_v$ , positive Axialkräfte  $+F_h$ , negative Axialkräfte  $-F_h$  sowie Tangentialkräfte  $F_t$  (Antriebs- und Bremskräfte) sowie Kombinationen hiervon handeln.

Es sei zunächst die Erzeugung von in der Radialrichtung des Fahrzeugrads 3 wirkenden Radialkräften beschrieben:

Auf das Fahrzeugrad wirkende Radialkräfte entstehen im Betrieb bei Geradeausfahrt eines Fahrzeugs, wobei diese Radialkräfte in unterschiedlicher Höhe je nach den Fahrbedingungen auftreten können, bei denen es sich beispielsweise um eine Fahrt auf Straßen unterschiedlicher Unebenheit, eine Fahrt über Schlaglöcher, Frostaufrisse, Bahnübergänge usw. handeln kann, sowie bei Kurvenfahrt infolge der Gewichtsverlagerung. Die am Fahrzeugrad wirkenden Radialreaktionskräfte werden erzeugt, wenn an der Radialbelastungseinrichtung 9 eine Zugkraft als Radialkraft  $F_{vz}$  in den Belastungsbügel 8 eingeleitet wird und sich das Fahrzeugrad 3 gegenüber dem Reifen 1 an der sich drehenden Trommel 11 abstützt. Durch die Verformung, nämlich die Eindrückung, des Reifens 1 unter der Radialreaktionskraft entsteht ein Radaufstandspunkt, d. h. die Reaktionskraft wird über einen definierten Bereich über den Reifenumfang und der Reifenbreite eingeleitet, wobei in dem um 180° versetzten Radbereich ein Zwischenraum zwischen dem Reifen 1 und dem Trommelkörper auftreten kann. Voraussetzung zur Erzeugung von rein radialen Reaktionskräften im Fahrzeugrad 3 ist die Einleitung der erwähnten Zugkraft mit Hilfe der Radialbelastungseinrichtung 9 in der Radmitte. Durch die verschiebbare vorbereitete Einleitung der Kraft in den Belastungsbügel 8 ist eine Anpassung für jede Reifenbreite möglich.

Es sei als nächstes die Erzeugung von in der Axialrichtung des Fahrzeugrads wirkenden Axialkräften erläutert:

Axialkräfte entstehen im Betrieb eines Fahrzeugs bei Kurvenfahrt mit zur Fahrzeugmitte gerichteter Kraftkomponente, also positiver Axialkraft  $+F_h$  am kurvenäußersten Rand und bei Geradeausfahrt über Fahrbaununebenheiten, zum Beispiel Schlaglöcher, wodurch die Kraftrichtung sowohl zur Fahrzeugmitte, was einer positiven Axialkraft  $+F_h$  entspricht, als auch zur Fahrzeugaußenseite, was einer negativen Axialkraft  $-F_h$  entspricht, gerichtet sein kann. Im Fahrbetrieb können Axialkräfte nur in Verbindung mit Radialkräften als Lastkombinationen auftreten. In der vorliegenden Einrichtung werden die auf das Fahrzeugrad einwirkenden Axialkräfte als Reaktionskräfte mit Hilfe der Axialbelastungseinrichtung 10, die als servohydraulischer Zylinder ausgebildet ist, erzeugt.

Eine positive Axialreaktionskraft wird bei gegebener Radialreaktionskraft durch eine Zugkraft an der Axialbelastungseinrichtung als Reaktionskraft durch die Abstützung des Reifens 1 an der schrägen Fläche des Anlauftringes 15 hervorgerufen. Die Zugkraft an der Axialbelastungseinrichtung 10 wird in der Höhe der Innenlauffläche des Trommelkörpers im Radaufstandspunkt eingeleitet, wobei die Axialreaktionskraft am Reifen 1 im Bereich der Radaufstandsfläche über einen begrenzten Bereich des Reifenumfangs des Reifens resultiert. Durch die Einleitung der Axialkraft in Höhe der Radaufstandspunkte sind betriebsgleiche Hebelarmverhältnisse gewährleistet. Eine negative Axialreaktionskraft wird bei gegebener Radialreaktionskraft durch eine Druckkraft an der Axialbelastungseinrichtung 10 erzeugt, wodurch die Axialreaktionskraft am Fahrzeugrad durch Ablauf des Reifens 1 am äußersten Anlaufring 15 entsteht.

Die Anlaufringe 15 sind im Trommelkörper verschiebbar angeordnet, so daß eine Anpassung an beliebige Reifenbrei-

ten bzw. Fahrzeuggradgrößen möglich ist, was aufgrund des begrenzten Zylinderwegs des die Axialbelastungseinrichtung 10 bildenden servohydraulischen Zylinders erforderlich ist.

Durch die Einleitung der Axialreaktionskräfte über die Anlaufringe 15 kann mit der vorliegenden Einrichtung durch den hierdurch bedingten Formschluß ein prinzipiell beliebiges Verhältnis zwischen Axial- und Radialreaktionskraft erreicht werden.

Die Steuerung der Radialbelastungseinrichtung 9 und der Axialbelastungseinrichtung 10 erfolgt unabhängig voneinander, so daß jede gewünschte Lastkombination, bestehend aus Radialkräften  $F_v$  und positiven Axialkräften  $+F_h$  sowie negativen Axialkräften  $-F_h$  eingestellt werden kann. Dadurch ist eine betriebsähnliche, regellose Simulation aller im Betrieb auftretenden Belastungsfälle möglich.

Die vorgesehene Stellvorrichtung 16 zur Voreinstellung des Sturzwinkels des Fahrzeugrads 3 derart, daß der Sturz auf einen vorbestimmten maximalen Sturzwinkel begrenzt ist, sich jedoch kleinere Sturzwinkel (Zwischengröße) entsprechend dem Verhältnis der angewandten Axial- und Radialkraft von selbst einstellen, ist wie folgt aufgebaut:

Generell ist vorliegend die Stellvorrichtung 16 eine Begrenzungseinrichtung zur Beschränkung des maximalen Verschwenkwinkels der Halterungseinrichtung 7, 8 um eine zur Radachse 19 senkrechte und zur Radaufstandsfläche 18 parallele Verschwenkachse 17. Die Stellvorrichtung 16 umfaßt eine Positionierungs- oder Arretierungsvorrichtung 21 für ein Angriffselement 20 der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung 10, über welches letztere an der Halterungseinrichtung 8, 7 zum Erzeugen eines Moments um die Verschwenkachse 17 derselben angeht.

Vorliegend ist das Angriffselement 20 ein Verschiebeelement, das auf einem Arm 22 an der um die Verschwenkachse 17 verdrehbaren Halterungseinrichtung 8, 7 verschiebbar ist, und die Positionierungs- oder Arretierungsvorrichtung 21 ist ein die maximale wirksame Länge des Arms 22 begrenzender verstellbarer Anschlag 23 für das Verschiebeelement 20, wobei der Anschlag 23 die Form eines Gewindestolzen 24 hat, der in einer am Arm 22 fest angebrachten Mutter 25 parallel zum Arm 22 verstellbar ist und durch eine Kontermutter 26 feststellbar ist.

Die Stellvorrichtung 16 kann aber auch als zum Beispiel hydraulisch oder elektrisch verstellbare Positionierungs- und Arretierungsvorrichtung, also als fernverstellbare Stellvorrichtung ausgebildet sein.

Vorliegend ist die Stellvorrichtung 16 eine Einrichtung zum Verstellen des Moments, welches durch die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung 10 bei deren unveränderter Krafteinstellung auf die verschwenkbar gelagerte Halterungseinrichtung 8, 7 ausgeübt wird, denn die Begrenzung des maximalen Sturzwinkels erfolgt durch eine Voreinstellung der Seitenkrafteinleitung zum Beispiel mechanisch, elektrisch oder hydraulisch. Durch Erhöhung des Abstandes X wird ein geringeres Moment durch  $F_{hz}$  erzeugt und der Sturzwinkel  $\gamma$  reduziert. Bei allen Zwischengrößen von  $F_{hz}$  bzw.  $F_{vz}$  folgt analog ein reduzierter Sturzwinkel  $\gamma$  entsprechend einer Kennlinie, wie die Fig. 3 und 4, zweigen, worin X der in Fig. 1 gezeigte Abstand (Sturzvoreinstellung), W die Reifenbreite und c die Einpreßtiefe des Rades sind.

Nach erfolgter Voreinstellung stellen sich alle Zwischengrößen des Sturzwinkels entsprechend der Höhe der Kraft  $F_{vz}$ ,  $F_{hz}$  und der Kinematik automatisch ein. Dabei kann infolgedessen auf einen hydraulischen Zylinder zur Sturzeinstellung und die zugehörige komplizierte Steuerung derselben verzichtet werden.

Die optimale Kennlinie, die zu entsprechend zutreffenden Spannungen an den Komponenten Rad und Nabe führt, wird durch Messung mit Dehnungsmessstreifen ermittelt. Daraus folgt, daß diskrete Stellungen bzw. Positionierungen für die Sturzvoreinstellungen ausreichen. Die Werte liegen üblicherweise zwischen 150 mm und 250 mm bei Untersuchungen für Pkw-Räder und bei 170 mm und 350 mm bei Nutzfahrzeug-Rädern.

Dies stellt eine wesentliche Verbesserung auch gegenüber Vorrichtungen mit der Erzeugung von zusätzlichen Steuergrößen des Sturzwinkels über hydraulische Zylinder dar. Diese müssen ständig in jeder Laststufe programmiert werden und folgen nicht der einfachen Kennlinie. Dabei sind aufwendige Fahrbetriebsmessungen im voraus erforderlich, um die zutreffenden Sturzsteuersignale ableiten zu können. Zudem verteuert ein hydraulischer Sturzeinstellzylinder die Versuchseinrichtung und die Versuchskosten erheblich.

Weiterhin ist zum Dämpfen der Bewegung der Halterungseinrichtung 8, 7 eine Dämpfungseinrichtung 27 zwischen dem Arm 22 der Halterungseinrichtung 8, 7 und der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung 10 angeordnet.

Zur Ansteuerung des vorliegenden Radversuchsstandes unter Einbeziehung von Brems- und Antriebskräften dient ein 4-kanaliges Steuerprogramm, das maßgebende Lastfälle einschließlich Kurven- und Geradeausfahrt simuliert. Das Programm liegt als Basisprogramm für feste Parameter vor. Beispiele sind in den Fig. 5 und 6 gezeigt.

Für neue Komponenten muß dieses Programm für die jeweiligen Lastfälle Geradeausfahrt, Kurvenfahrt, Bremsen und Antrieb an die spezifischen Fahrzeugdaten angepaßt werden. Dies erfolgt nach dem in der nachstehenden Tabelle dargestellten Belastungsschema. In diesem Belastungsschema ist entsprechend den kartesischen Koordinaten die Radial- oder Vertikalkraft  $F_v$  mit  $F_v$ , die Seiten- oder Axialkraft  $F_h$  mit  $F_h$  und die Bremskraft mit  $F_{xb}$  bezeichnet. Die Steuerkanäle werden in den jeweiligen Belastungsabschnitten mit den Lastvielfachen in ihrer Intensität verändert. Die Lastvielfachen werden anhand der Fahrzeugdaten abgeleitet oder meßtechnisch ermittelt. Der Lastablauf selbst bleibt dabei gleich.

Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung kann, zum Beispiel in der vorstehenden Art und Weise, bereits in der frühen Entwicklungsphase von Fahrzeugräder und Fahrzeuggradkomponenten der Betriebsfestigkeitsnachweis erbracht werden, ohne daß ein Fahrzeug vorliegt, mit dem Messungen durchgeführt werden müssen. Das Basis-Belastungsprogramm beinhaltet die wesentlichen Fahrschnitte, die lediglich mit Hilfe der für das neue Fahrzeug rechnerisch abgeleiteten Belastungsdaten angepaßt werden. Bisherige Versuche erforderten erst ein Meßfahrzeug, das entsprechend ausgerüstet werden mußte, und die Durchführung aufwendiger Messungen. Damit standen die Belastungsdaten erst am Ende einer Entwicklungsphase zur Verfügung.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Tabelle: BELASTUNGSDATEN FÜR PROGRAMMANPASSUNG

5 Belastungsabschnitt	I Gerade- ausfahrt	II Kurven fahrt	III Bremsen	IV Antrieb
	S	K	B	A
10 Kräfte				
15 Senkrechte Kraft $F_z$	$n_{zS} \cdot F_{zstat}$	$n_{zK} \cdot F_{zstat}$	$n_{zB} \cdot F_{zstat}$	$n_{zA} \cdot F_{zstat}$
20 Seitenkraft $F_y$	$n_{yS} \cdot F_{zstat}$	$n_{yK} \cdot F_{zstat}$	$n_{yB} \cdot F_{zstat}$	$n_{yA} \cdot F_{zstat}$
25 Bremskraft $F_{xB}$	-	-	$n_{Fx_B} \pm F_B$	-
30 Antriebsmoment/ Schaltmoment $M_{xB}$	-	-	-	$n_M = M_x$

35           Lastvielfache (Anpaßdaten für Fahrzeug)

$n_z$  - für Vertikalkraft

40            $n_y$  - für Seitenkraft

$n_{Fx_B}$  - für Bremskraft

$n_M$  - für Antriebs-/Schleppmoment

#### 45           Fahrzeugdaten

$F_{zstat}$  - statische Radlast

50            $\pm F_B$  - Bremskraft (vorwärts/rückwärts)

$\pm M_x$  - Antriebs-/Schaltmoment

#### 55           Patentansprüche

1. Einrichtung zur Prüfung von Fahrzeugrädern (3), Reifen (1), Radnaben (4), Radlagern (5) und Radschrauben unter betriebsähnlichen Belastungsbedingungen, umfassend

60           (a) eine Halterungseinrichtung (6) zum drehbaren Befestigen eines Fahrzeugsrads (3) und zum Verschwenken desselben in unterschiedliche Sturzwinkel;

(b) eine derart um das Fahrzeugrad (3) herum angeordnete Trommel (11), daß das Fahrzeugrad (2, 3) über einen darauf befindlichen Reifen (1) in Rolleingriff mit der inneren Umfangsoberfläche der Trommel (11) bringbar ist;

65           (c) eine Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung (9), die zum Aufbringen einer in der Vertikal- oder Radialrichtung des Fahrzeugsrads (2, 3) wirkenden Vertikal- oder Radialkraft auf die Halterungseinrichtung (6) mit letzterer verbunden ist;

(d) eine Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) zum Aufbringen einer in der Seiten- oder Axialrichtung des Fahrzeugsrads (3) wirkenden Seiten- oder Axialkraft, wobei die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung

- (10) zum Aufbringen der Seiten- oder Axialkraft auf die Halterungseinrichtung (6) mit letzterer verbunden ist;  
 (e) wenigstens einen auf der inneren Umfangsoberfläche der Trommel (11) angeordneten Ring, der als Anlaufring (15) benachbart dem Reifen (1) und der Flanke des Fahrzeugsrads (3) angeordnet und auf der dem Reifen (1) zugewandten Seite abgeschrägt ist; und  
 (f) eine Einrichtung (12 bis 14) zum Drehen der Trommel (11);  
 (g) wobei die Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung (9) und die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) je für sich gelenkig mit der Halterungseinrichtung (6) verbunden sind;
- 5
- dadurch gekennzeichnet, daß die Halterungseinrichtung (6) außerdem derart verschieblich gelagert ist, daß das Fahrzeugsrad (3) zur selbsttätigen Sturzverstellung um den Radaufstandspunkt verschwenkbar ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterungseinrichtung (6) zusammen mit der Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung (9) parallel zur inneren Umfangsoberfläche (18) der Trommel (11) verschieblich gelagert ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Stellvorrichtung (16) zur Voreinstellung des maximalen Sturzes ( $\gamma$ ) des Fahrzeugsrads (3) derart, daß der Sturz auf einen vorbestimmten, maximalen Sturzwinkel begrenzt ist, jedoch kleinere Sturzwinkel entsprechend dem Verhältnis der angewandten Axial- und Radialkraft selbsttätig einstellbar sind.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellvorrichtung (16) eine Begrenzungseinrichtung zur Beschränkung des maximalen Verschwenkwinkels der Halterungseinrichtung (6) um eine zur Radachse (19) senkrechte und zur Radaufstandsfläche (18) parallele Verschwenkachse (17) ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellvorrichtung (16) eine Einrichtung zum Verstellen des Moments ist, welches durch die Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) bei deren unveränderter Krafteinstellung auf die verschwenkbar gelagerte Halterungseinrichtung (6) ausgeübt wird.
6. Einrichtung nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellvorrichtung (16) eine Positionierungs- oder Arretierungsvorrichtung (21) für ein Angriffselement (20) der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) umfaßt, über welches letztere (10) an der Halterungseinrichtung (6) zum Erzeugen eines Moments um die Verschwenkachse (17) derselben angreift.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Angriffselement (20) ein Verschiebeelement ist, das auf einem Arm (22) an der um die Verschwenkachse (17) verdrehbaren Halterungseinrichtung (7, 8) verschwenkbar oder in sonstiger Weise verlagerbar ist.
8. Einrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionierungs- oder Arretierungsvorrichtung (21) ein die maximale wirksame Länge des Arms (22) begrenzender verstellbarer Anschlag (23) ist.
9. Einrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Arm (22) senkrecht zur Radachse (19) verläuft.
10. Einrichtung nach Anspruch 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Arm (22) senkrecht zur Verschwenkachse (17) verläuft.
11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch eine die Bewegung der Halterungseinrichtung (7, 8) dämpfende Einrichtung (27) (Dämpfungseinrichtung).
12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungseinrichtung (27) zwischen der Halterungseinrichtung (6) und der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) und/oder zwischen der Halterungseinrichtung (6) und der Vertikal- oder Radialbelastungseinrichtung (9) angeordnet ist.
13. Einrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungseinrichtung (27) zwischen dem oder einem Arm (22) der Halterungseinrichtung (6) und der Seiten- oder Axialbelastungseinrichtung (10) angeordnet ist.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellvorrichtung (16) mechanisch, elektrisch oder hydraulisch verstellbar ist.
15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellvorrichtung (16) gemäß Einem vorgegebenen Programm verstellbar ist.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

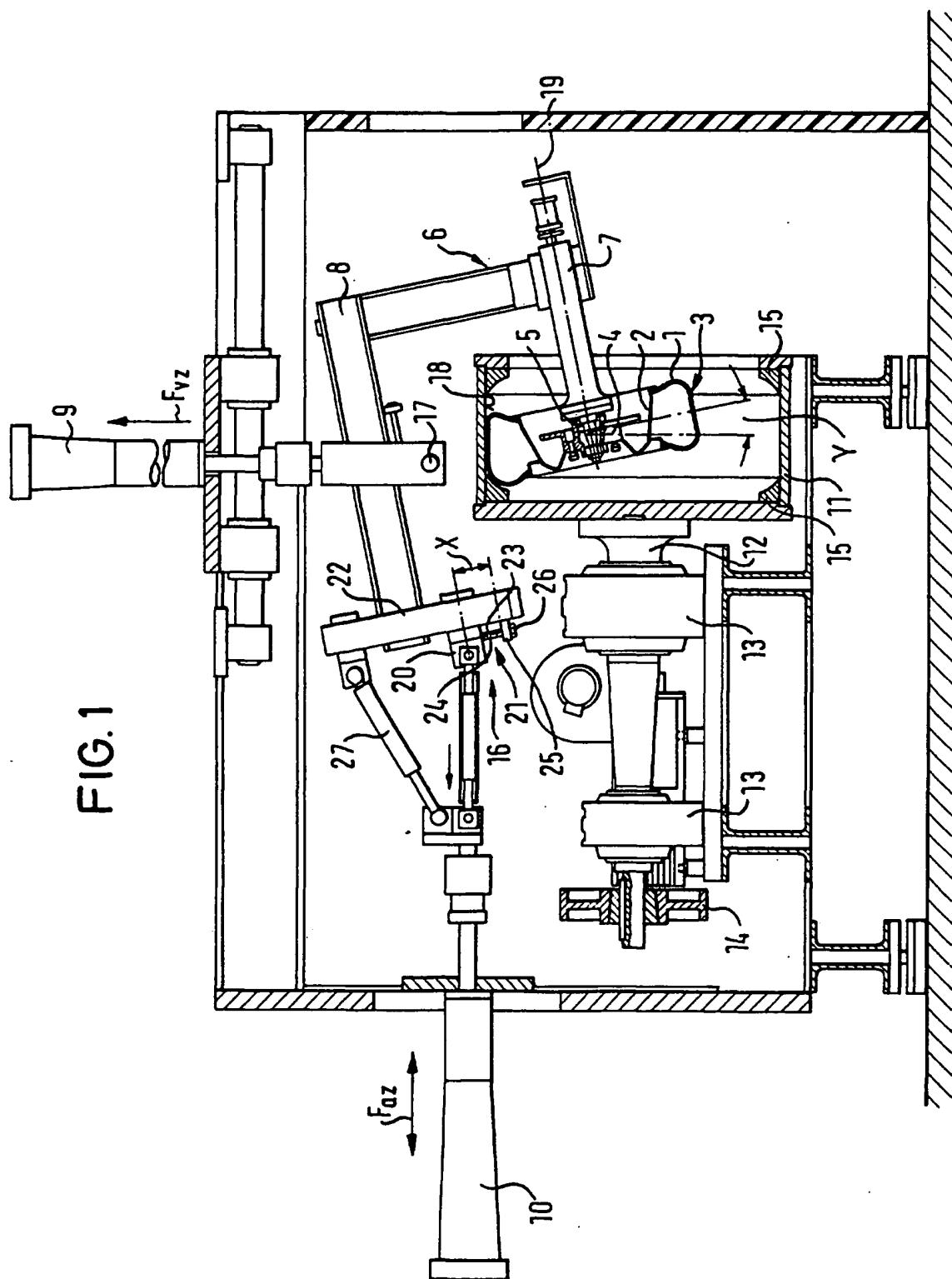
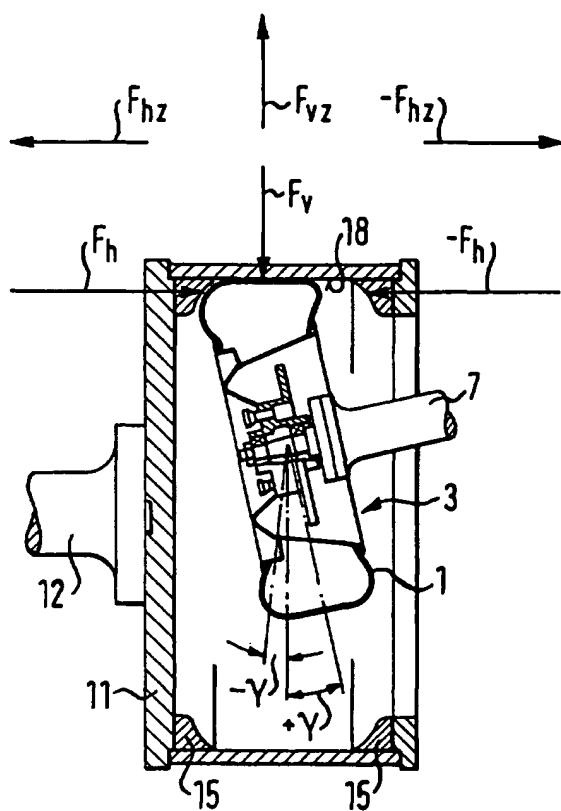


FIG. 2



$F_y, F_h$ : Radkräfte

$F_{yz}, F_{hz}$ : Zylinderkräfte

$\gamma$ : Sturzwinkel

Maximalwerte im Programm

Europazyklus:  $+Y_{\max} = 15^\circ$

$-Y_{\max} = 15^\circ$

FIG. 3

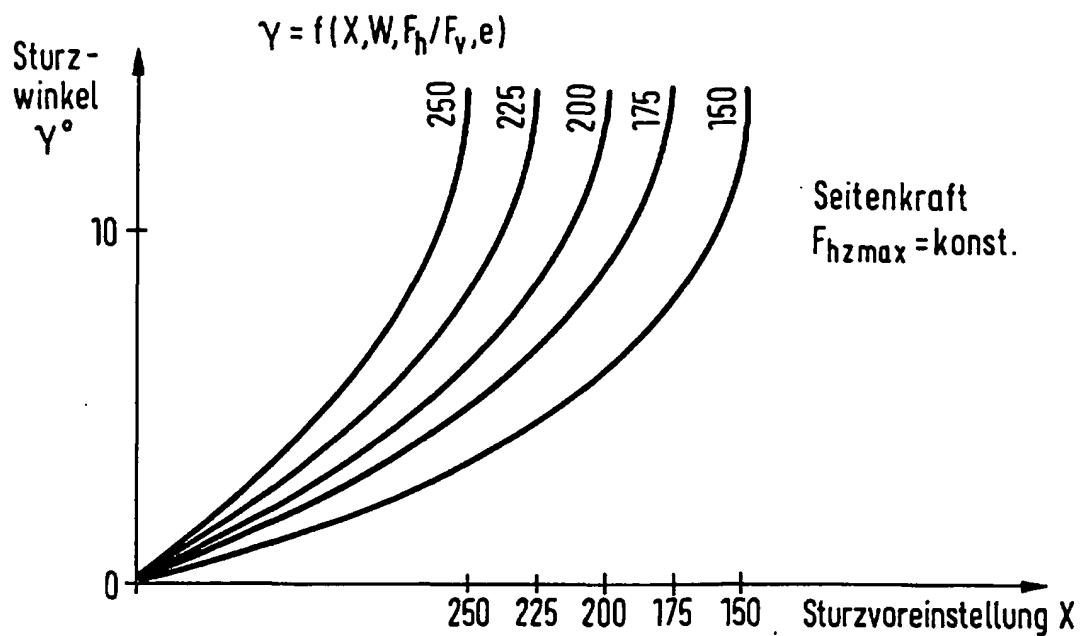


FIG. 4

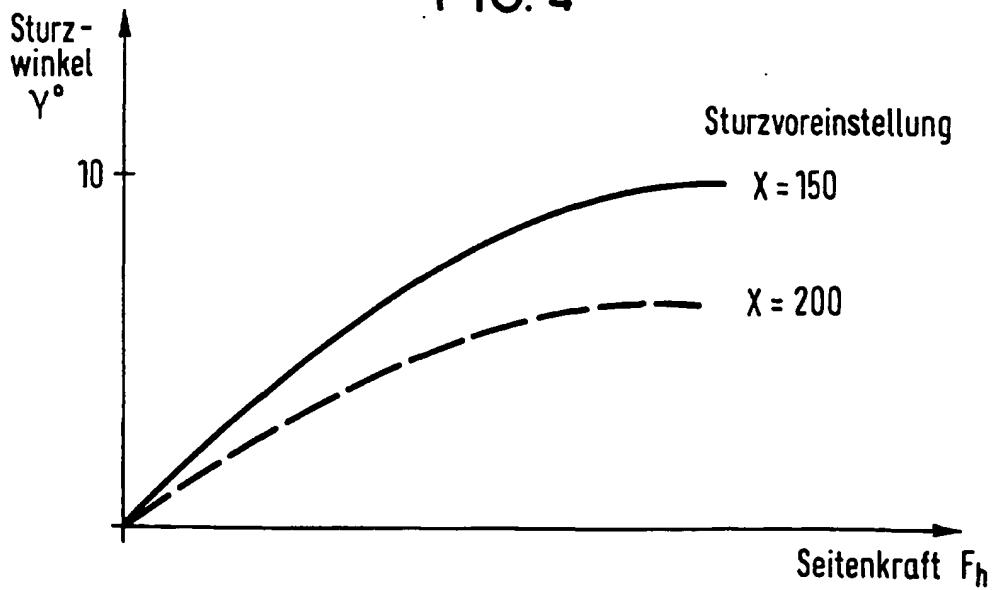
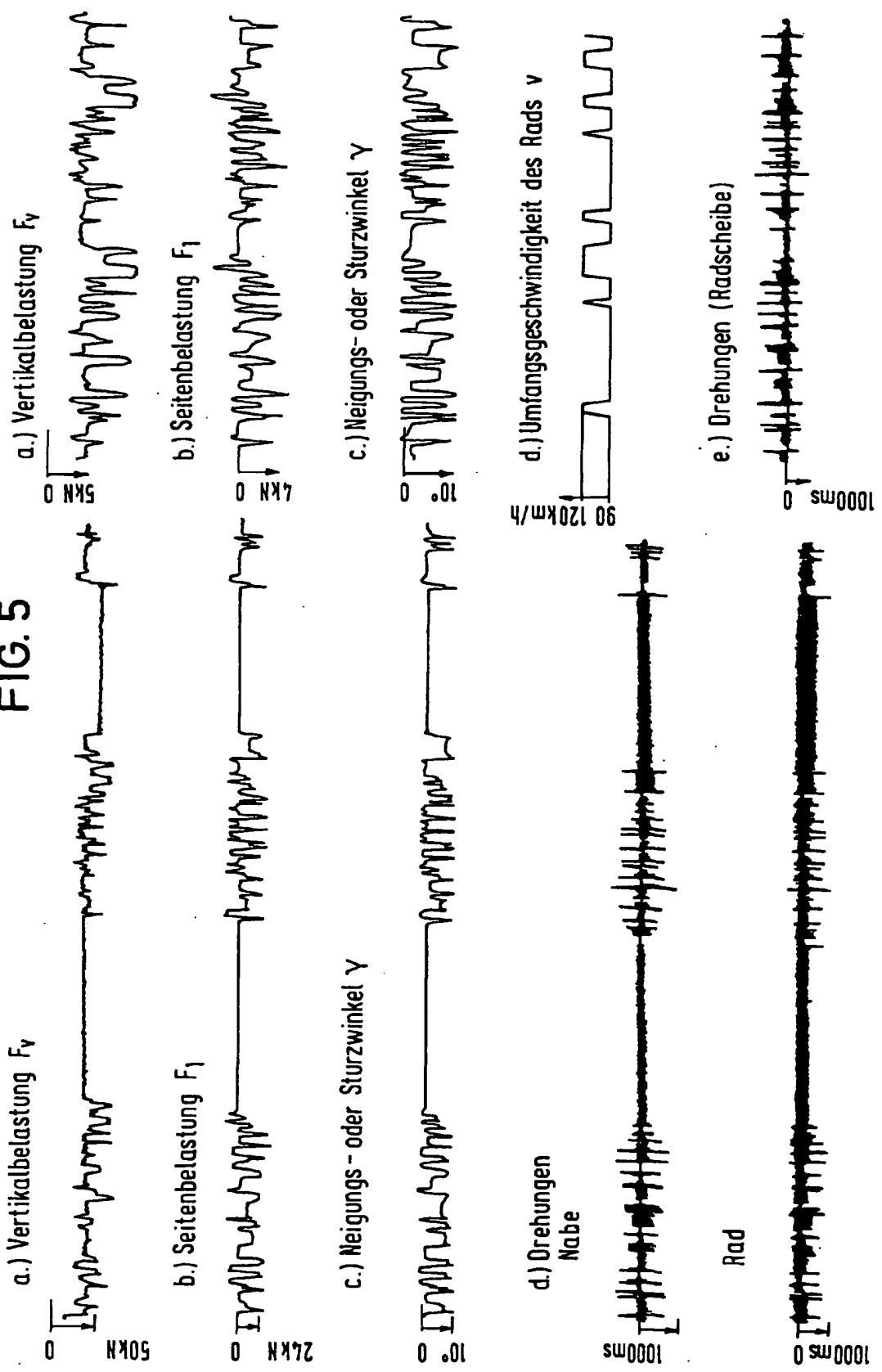


FIG. 5



**FIG. 6**

BELASTUNGSPROGRAMM EUROPAZYKLUS FÜR ANGETRIEBENE RÄDER UND NABEN  
(1 RUND-EUROPAZYKLUS = 30 km)

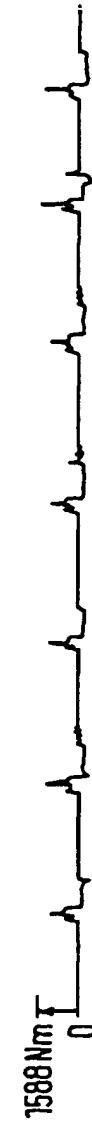
Vertikalkraft



Seitenkraft



Torsionsmoment



Bremsmoment

